

Dr. Szilágyi Edit:
“Az ionsugaras analitika néhány alkalmazása az anyagtudományban”

című doktori értekezéséről

Az ionsugaras analitika különböző válfajai hatalmas karriert futottak be az utóbbi évtizedekben. Világszerte számos laboratóriumban működik ilyen berendezés, és sok kutató támaszkodik a velük elért eredményekre. Az ionsugaras eljárások nélkülözhetetlenek a nanoskálán végzett fejlesztéseknél. Metodikailag újat adni ezen a területen nagyon komoly tudományos teljesítmény és közvetve hozzájárul mások eredményeihez is. Szilágyi Editnek a spektrumok kiértékelése terén sikerült nemzetközi viszonylatban is újat produkálni és ezt nagyra értékelem. Az értekezésben az eredményének alkalmazását néhány kísérleten bemutatta. Ezek közül elsősorban a SiC oxidációs folyamatainak vizsgálata emelkedik ki egyrészt a folyamat összetett volta, másrészt a SiC-nak a fúziós reaktorokban és a félvezetőiparban várható alkalmazásai miatt. A fentiek alapján az értekezés témaválasztása feltétlenül időszerűnek mondható.

A dolgozat terjedelme 122 oldal és négy fejezetből áll. Az első fejezet az ionsugaras analitika elméleti alapjait tárgyalja, és itt kerül sor a SiC tulajdonságainak a tárgyalására is. A jelölt a 2. fejezetben ismerteti az általa használt kísérleti berendezéseket. Itt az elektronmikroszkópia és az atomerő mikroszkópia fél-féloldalas ismertetését értelmetlennek tartom, de még az oxidáló kamrák részletes leírása is elhagyható lett volna. Az első két fejezet közel a felét teszi ki az értekezésnek. A 3. fejezet tartalmazza a jelölt eredményeinek részletes ismertetését, majd a 4. fejezet az összefoglalás.

A gondos kivitel keltette jó benyomást néhány hiba lerontja. Például, egyes ábrák csak nagyítóval élvezhetők (11., 40. ábra), a 2. és 34. ábráról hiányzik a hivatkozás, stb. Több helyen a szövegben, ábrákon, de még egyenleteknél is hiányzik a jelölések jelentésének a megadása.

A jelölt az ionnyalábos analitikai módszerek igen széles skáláját alkalmazta az értekezésben ismertetett kísérleteiben és emelet jelentős elméleti eredményeket is elért, amennyiben elsőként írt olyan spektrumszimulációs programot, amellyel figyelembe lehetett venni a kísérletben fellépő energielosódási járulékokat. A program alkalmazhatóságát saját kísérletei mellett az irodalomban publikált méréseken is demonstrálta.

A jelölt az új eredményeit hat tézispontban foglalja össze, amelyeket 16 dolgozatban ismertetett, és ezek többsége a tudományterületére legjellemzőbb folyóiratokban jelent meg. Ezek közül jelentős számú cikkben első szerző, és a legtöbbet idézett cikke egyszerűs. Megállapítható, hogy a jelölt az értekezésben ismertetett eredményeit a korábbi tudományos fokozatának megszerzését követően érte el, és azok a saját eredményeinek tekinthetők.

Az értekezés legnagyobb hatást kiváltó eredménye a jelölt korábban kidolgozott DEPTH szimulációs programjának továbbfejlesztése, amelynek során megoldotta a spektrumok szimulációját a különböző energiaelosódási járulékok beépítésével és eközben figyelembe tudta venni a hatáskeresztmetszet energiafüggését is. Az értekezés ismerteti a program felépítését és saját és irodalmi mérésekkel demonstrálja a program teljesítőképességét és korlátait. Ennek során RBS- ERDA- és proton visszaszórási spektrumokat mutat be kis és nagy döntési szögek esetében, alkalmazza a programot rezonancia módszerrel végzett kísérleteknél és nagyenergiás nehézionokkal végzett atomi felbontású ERDA spektrumok értelmezésében. Részletesen tárgyalja a program továbbfejlesztésének lehetőségeit is.

A spektrumszimulációval kapcsolatban a következő kérdéseim vannak.

1. Hogyan befolyásolja az eredményeket a nagyenergiás ionokkal végzett kísérletekben az elektronfékezés?

2. Az értekezésben a jelölt straggling-ről ír és nem különbözteti meg a longitudinális és laterális straggling-et és ennek kapcsán a magfékezés és az elektronfékezés járulékát. Kérem világítsa meg ezt a kérdést.

3. A bombázó ion töltésállapota a behatolás során jelentős mértékben változhat és ez befolyásolja a rácsatomokkal való kölcsönhatást is. Ez különösen a nagyenergiás ionok esetében jelentős. A 20. ábrán mutatott kísérletben mi volt a gyorsított I ionok töltése és mekkora az egyensúlyi effektív töltés a céltárgyban? Hogyan befolyásolja a két mennyiség különbsége a spektrumszimulációt?

Az értekezés további részében a jelölt kísérleti jellegű munkákat tárgyal. A legrészletesebben kidolgozott a SiC oxidációjának vizsgálata. Ennek a fejezetnek szembevetendő hiányossága, hogy a jelölt csakis a saját vizsgálatairól számol be és más kutatók eredményeiről – kivéve talán a módosított Dave-Groves modellt - említést sem tesz. Ez semilyen szempontból sem indokolt és megnehezíti a jelölt eredményeinek a korrekt értelmezését is. Annál is inkább, mert a SiC oxidációjának vizsgálata már több évtizede folyik.

A jelölt a ^{18}O izotóppal dúsított SiC mintákon végzett méréseket a $^{18}\text{O}(\text{p},\alpha)^{15}\text{N}$ magreakció felhasználásával. Az oxidációs mechanizmus részleteinek a tisztázására kétlépcsős és háromlépcsős oxidálást is végzett és az izotóp-nyomkövetéses módszerrel tanulmányozta az oxidáció kinetikáját is. A vizsgálatait kiegészítette spektroszkópiai ellipszometriával és atomerő mikroszkópiával is.

SiC oxidációjánál egyrészt határfelületi reakciók, másrészt diffúziós folyamatok játszódnak le. Az oxidáció a SiC/SiO₂ határfelületen történik. A kísérletekből nyilvánvaló, hogy a SiC oxidációja anizotróp és az oxidréteg vastagsága befolyásolja az oxidáció mechanizmusát. A jelölt az RBS és az ellipszometriai mérések egybevetéséből következtetéseket von le arról, hogy a rétegvastagság növekedésével az anyag tulajdonságai hogyan közelítenek a tömbi anyagéhoz. A SiC oxidációjával kapcsolatos kérdéseim a következők.

4. A Deal-Grove modellt magyarázó 2. és a 34. ábrán a SiO₂ rétegben a jelölés szerint nem O atomok, hanem O₂ molekulák diffundálnak és az egyik paraméter az O₂ koncentráció a SiO₂ rétegben. Ezt valóban így gondolja a jelölt, vagy elírás?

5. Nem találtam magyarázatot arra, hogy mi a fizikai, kémiai oka a SiC oxidációjánál megfigyelt jelentős anizotrópiájának?

6. Van-e szerepe a magas hőmérsékleten mért anizotrópiában annak, hogy a SiC piroelektromos?

Az értekezés utolsó fejezetében a jelölt a csatornahatás különböző alkalmazásairól ír. Megállapította, hogy az Al-mal implantált SiC szén alrácsában 30%-kal több rácshiba keletkezik, mint a Si alrácsban és meghatározta az E_d kilökési energiákat. Hasonlóan a SiC oxidációjának vizsgálatához, a jelölt itt sem elemzi a korábban publikált jelentős kísérleti és elméleti eredményeket, nem közli az alkalmazott számítási módszerrel kapcsolatos információkat sem és hiányzik a diszkusszió is.

Végül a Co atomok elhelyezkedését vizsgálja a jelölt a LiNbO₃ és az Al₂O₃ kristály rácsában. Ezek technikailag jól kivitelezett mérések, amelyek azonban az értekezés témájához csak lazán illeszkednek.

Általános véleményem, hogy az új tudományos eredményeket bemutatni hivatott tézispontok szövegezése túlságosan epikus és néhol triviális állítások is előfordulnak, mint például a 3.b és a 6.a tézispont utolsó mondatában.

A hat tézispont közül az 1. és 2. tézispontot elfogadom. A következő három tézispontban vannak összefoglalva a SiC oxidációjával kapcsolatos eredmények, ami a fele az összes tézispontnak. Ez aránytalanul nagy súlyt ad ezeknek a vizsgálatoknak a spektrumszimuláció terén elért eredményekkel összehasonlítva. Ezek közül a 3.a tézispont nem tartalmaz új eredményt, mert az, hogy az oxid a SiC/SiO₂ határfelületen képződik, már korábban is ismert volt. A 3.b és 3.c pontot célszerű lett volna egyesíteni, mert ugyanarról a jelenségről és annak magyarázatáról szól.

A 4. tézispont megfogalmazását nem tartom szerencsésnek, mert az 1. bekezdésben az irodalomból már ismert állítások kapnak nagy hangsúlyt. Az oxigén parciális nyomásának függvényében végzett kísérletek és azok értelmezése viszont eredeti és méltánytalanul bújik meg egy mellékmondatban. A 4. tézispontból csak a 2. bekezdést fogadom el új eredménynek. Az 5. tézispontot változtatás nélkül elfogadom, míg a 6. tézispontot csak a 6.a pont utolsó mondata nélkül tudom elfogadni.

.

Összefoglalva:

Dr. Szilágyi Edit jelentős új tudományos eredményeket mutatott fel és nemzetközileg is elismerést szerzett munkásságával. Javaslom a nyilvános vita kitűzését és sikeres védelem esetén az „MTA doktora” cím odaítélését.

2010 december 14.

Szenes György